

K 波段宽带螺旋天线设计

许玥, 杨青慧, 张怀武

(电子科技大学 微电子与固体电子学院, 四川 成都 610054)

摘要:从理论上分析了螺旋天线的设计原理,利用阿基米德螺旋天线实现了一款 K 波段的高频宽带螺旋天线,使高频天线拥有更轻的质量,更低的剖面及更好的圆极化性。最后通过仿真软件 CST 设计了一款带宽覆盖 18.0~26.5 GHz 的阿基米德螺旋天线,涵盖了整个 K 波段。结果表明,该天线在整个频段电压驻波比 <2 ,能很好的满足天线收发要求。

关键词:K 波段;阿基米德螺旋天线;宽带天线;低剖面;异形腔

中图分类号:TN823 **文献标识码:**A

Design of Broadband K-band Spiral Antenna

XU Yue, YANG Qinghui, ZHANG Huaiwu

(School of Microelectronics and Solid-State Electronics, University of Electronic Science and Technology of China, Chengdu 610054, China)

Abstract: The design of an spiral antenna was theoretically analyzed, and a high frequency broadband K-band spiral antenna was realized by Archimedes spiral antenna with lighter quality, lower profile and better circular polarization. Finally, an Archimedes spiral antenna cover the band from 18.0 GHz to 26.5 GHz was designed through simulation software CST, covering the entire K-band. The results showed that the voltage standing wave ratio of the antenna was less than 2 in the whole frequency band, which could well meet the requirement of transmit-receive of an antenna.

Key words: K-band; Archimedes spiral antenna; broadband antenna; low profile; special cavity

0 引言

随着现代通信容量的增加,低频段已不能满足通信需求,高频段独有的信息容量大,且未被占用的特点,使高频通讯得到了越来越高的重视,同时,信息容量增大也对宽频带提出了更大的要求。Ka 波段是当前发达国家卫星通信系统研究的主要领域。所以研究 K 波段对 Ka 波段的研究具有重要的指导意义^[1]。

K 波段天线常使用波导天线进行设计实现,但波导天线的质量及体积大。阿基米德螺旋天线具有很好的宽频带和圆极化特性,其尺寸小,质量轻,易与其他平面共形的特点。因此,在设计 Ka 波段天线时,采用了阿基米德平面螺旋天线,减轻了天线的质量,增加共形性的目的,通过这种方式制作的天线同时具有良好的圆极化特性。主要通过阿基米德螺旋天线设计制作一款宽频的圆极化 K 波段天线。

1 理论分析

1.1 阿基米德螺旋天线辐射器设计原理

阿基米德螺旋天线常通过印刷电路来实现 2 条自互补的阿基米德螺旋线,2 条螺旋线的方程^[2]为

$$r = ar_0\varphi_0 \quad (1)$$

$$r = ar_0(\varphi_0 - \pi) \quad (2)$$

式中: φ_0 为初始方位角; r_0 为螺旋初始径向距离; a 为决定螺距增长快慢的常数。根据阿基米德螺旋天线的辐射原理,任意频率的主辐射区在周长等于该频率一个波长的区域可知,内径主要有频率范围的高频决定,而曲率 a 和螺旋线的圈数由频率范围中的低频决定,且^[3]

$$\pi D \geq 1.25\lambda_{\max} \quad (3)$$

$$2r_0 \leq \lambda_{\min}/4 \quad (4)$$

通过式(3)、(4)可初步确定本次设计天线辐射器的初值。通过计算发现,天线馈电距离很接近,辐

收稿日期:2014-06-13

基金项目:国家自然科学基金资助项目(61021061, 51272036, 51002021, 61131005);国际合作基金资助项目(2012DFR10730, 2013HH0003)

作者简介:许玥(1990-),女,四川资阳人,硕士生,主要从事微波器件及宽带天线的研究。杨青慧(1979-),女,教授,主要从事液相外延及微波毫米波器件研究。

射器加工精度要求高。

图 1 为天线的辐射器模型。通过计算与仿真, 设定天线辐射器的 $a = 0.082$, 线宽 $w = 0.127 \text{ mm}$, 内径 $r_0 = 0.393 \text{ mm}$ 。

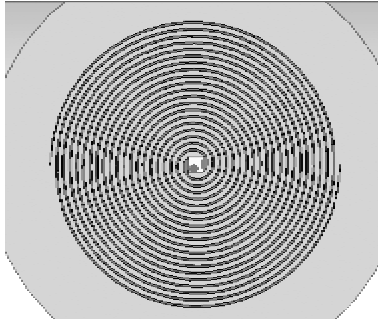


图 1 天线辐射器模型

1.2 天线匹配设计原理

天线辐射器设计完成后, 需考虑将天线与传输接头 SMA 相连接, 但无线接口 (SMA) 是非平衡元件, 而本次设计的阿基米德螺旋天线是一个平衡结构, 所以需在中间加入平衡-非平衡转换的巴伦^[4]。由于频率过高, 加工精度要求高, 同时为减轻质量, 所以本文采用共面微带巴伦, 提高加工度。微带巴伦的基本结构如图 2 所示。

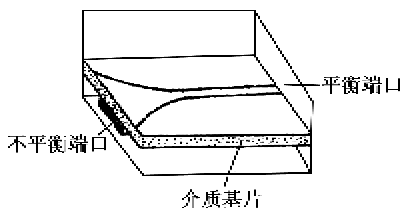


图 2 微带巴伦的基本结构

巴伦渐变线采用指数渐变的形式, 根据指数渐变理论, 为减少反射系数, 同时希望巴伦长度尽可能短, 巴伦长度取最小波长的 $1/2$ 。同时通过平行双线理论和微带线理论计算巴伦两端口阻抗, 使平行双线阻抗等于辐射器阻抗, 微带线阻抗等于 SMA 阻抗 (50Ω), 实现宽频带阻抗匹配的效果。

1.3 天线辐射腔设计原理

为实现天线的单向辐射性, 可选择在天线一边加入吸波材料或辐射腔, 加入吸波材料可很好的达到单向辐射, 同时不影响天线的回波损耗 s_{11} 、方向图及轴比等, 但会减少接近一半的天线增益, 所以本文采取加入背腔的方法, 通过调整背腔和辐射器的距离, 达到单向性同时不影响天线 s_{11} 方向图的目的。由于设计天线频率较高, 在辐射腔与巴伦间增加隔板, 减少巴伦辐射对高频方向图的影响, 能有效

改善方向图。腔体如图 3 所示。

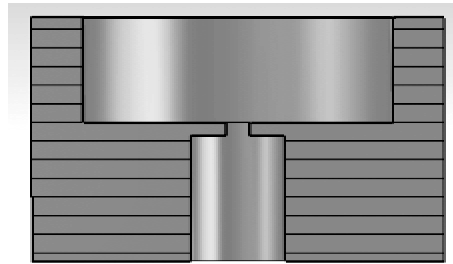


图 3 天线整体剖面图

2 仿真设计与优化

2.1 天线各项参数的确定

图 4 为天线整体仿真方向图: 通过 CST 仿真优化, 得到了天线最终具体参数 $a = 0.082$, 巴伦长度 $L = 8.96 \text{ mm}$, 巴伦平衡端长为 0.47 mm , 非平衡端长为 1.53 mm 。

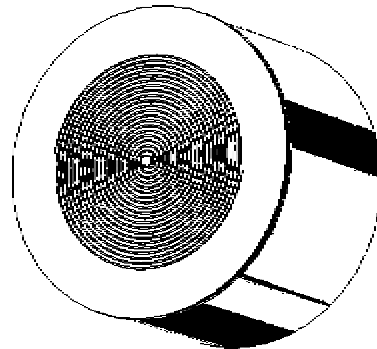


图 4 整体天线仿真模型

2.2 天线仿真结果与实测结果

通过仿真的参数制作天线实物, 由于本次天线应用频率较高, 所以选择了 rogers 公司的板材 Rogers5880 作为辐射器和巴伦的衬底, 介电常数为 2.2, 板厚 0.508 mm , 损耗角正切为 0.001。

图 5 为天线整机。图 6 为天线实测 s_{11} 的结果。图 7 为实测天线轴比。图 8 为实测天线方向图。从测试结果可看到, 天线在整个 K 波段 $s_{11} < -10 \text{ dB}$, 满足了设计要求, 且覆盖了整个 K 波段。

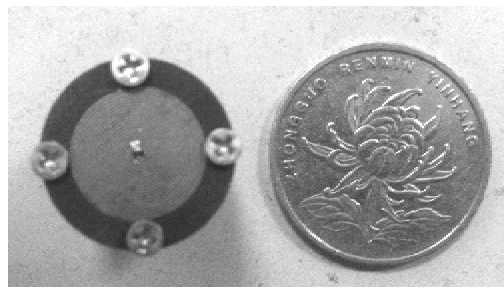


图 5 天线整机

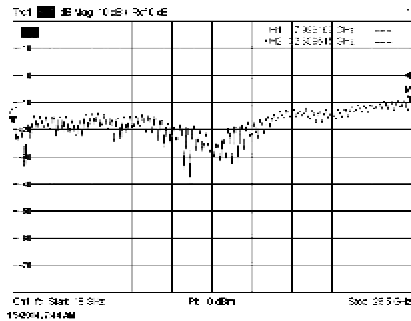


图6 实测 S_{11} 图形

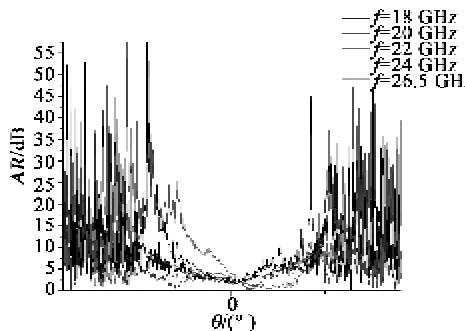
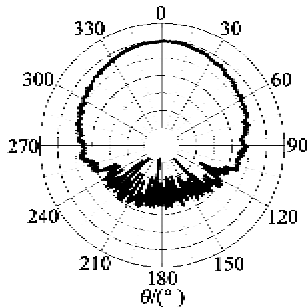
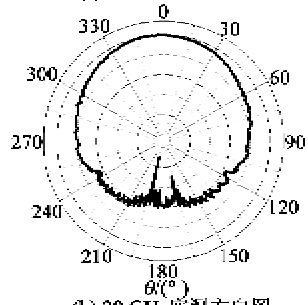


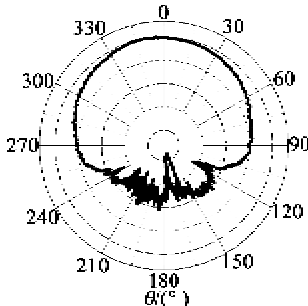
图7 天线实测轴比



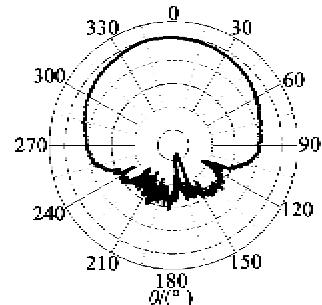
(a) 18 GHz 实测方向图



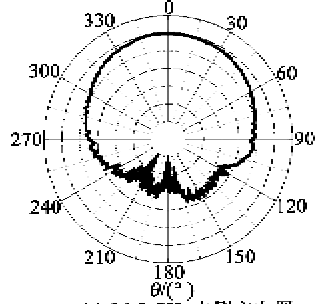
(b) 20 GHz 实测方向图



(c) 22 GHz 实测方向图



(d) 24 GHz 实测方向图



(e) 26.5 GHz 实测方向图

图8 实测天线方向图

天线具有优良的圆极化性能,在 $\pm 50^\circ$ 能满足低于 5 dB 的要求,焊接问题导致 26.5 GHz 恶化,略高于 5 dB。

实测结果显示在全频段天线具有良好的方向性。满足了设计要求,且测试结果显示,未出现其他高频天线加背腔出现的旁瓣问题。

3 结束语

随着电子信息技术的发展,高频段独有的信号容量大的特点促进了高频天线的发展。本文通过阿基米德螺旋天线实现了覆盖整个 K 波段的高频宽带天线,克服了传统波导高频天线体积大,质量大及共形性差的缺点,且实现了圆极化性及高频螺旋天线加工难的问题,最后天线实物经测试达到天线设计指标。

参考文献:

[1] 徐航. k 波段基片集成阵列天线研究[D]. 成都:电子科技大学,2013.

[2] STUTZMAN W L, THIELE G A. 天线理论与设计[M]. 朱守正,安同一,译. 北京:人民邮电出版社,2006.

[3] 张高磊. 超宽带(UWB)平面螺旋天线[D]. 成都:电子科技大学,2006.

[4] VENKATESAN J. Novel version of the double-Y balun; microstrip to coplanar strip transition[J]. Antennas and Wireless Propagation Letters, IEEE, 2006, 5 (1): 172-174.